



(19) BUNDESREPUBLIK
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES
PATENTAMT

(12) Übersetzung der
europäischen Patentschrift

(67) EP 0 474 393 B1

(10) DE 691 18 060 T 2

(51) Int. Cl. 6:
H 01 P 1/04
H 01 P 5/02
H 01 P 11/00
G 01 S 7/03

DE 691 18 060 T 2

- (21) Deutsches Aktenzeichen: 691 18 060.1
- (26) Europäisches Aktenzeichen: 91 307 661.8
- (36) Europäischer Anmeldetag: 20. 8. 91
- (37) Erstveröffentlichung durch das EPA: 11. 3. 92
- (38) Veröffentlichungstag der Patenterteilung beim EPA: 20. 3. 96
- (47) Veröffentlichungstag im Patentblatt: 22. 8. 96

(30) Unionspriorität: (32) (33) (31)
04.09.90 US 576915

(33) Patentinhaber:
Hughes Aircraft Co., Los Angeles, Calif., US; Delco
Electronics Corp., Kokomo, Ind., US

(34) Vertreter:
Kuhnen, Wacker & Partner, Patent- und
Rechtsanwälte, 85354 Freising

(35) Benannte Vertragstaaten:
DE, FR, GB

(22) Erfinder:

Wen, Cheng P., Mission Viejo, California 92691, US;
Mendolia, Gregory S., Torrance, California 90501,
US; Siracusa, Miro, Fountain Valley, California
92708, US; Maier, Joseph J., Kokomo, Indiana
46902, US; Higdon, William D., Greentown, Indiana
46938, US; Wooldridge, John J., Manhattan Beach,
California 90266, US; Gulick, Jon, Hawthorne,
California 90250, US

(54) Mikrowellen-Radar-Sender und -Empfänger auf einem einzelnen Substrat mit Flip-Chip integrierten
Schaltkreisen

Anmerkung: Innerhalb von neun Monaten nach der Bekanntmachung des Hinweises auf die
Erteilung des europäischen Patents kann jedermann beim Europäischen Patentamt gegen das
erteilte europäische Patent Einspruch einlegen. Der Einspruch ist schriftlich einzureichen und
zu begründen. Er gilt erst als eingereicht, wenn die Einspruchsgebühr entrichtet worden ist
(Art. 99 (1) Europäisches Patentübereinkommen).

Die Übersetzung ist gemäß Artikel II § 3 Abs. 1 IntPatÜG 1991 vom Patentinhaber eingereicht
worden. Sie wurde vom Deutschen Patentamt inhaltlich nicht geprüft.

DE 691 18 060 T 2

1 EP 91 307 661.8/0474393
Hughes Aircraft Company

5 Hintergrund der Erfindung

Gebiet der Erfindung

10 Die vorliegende Erfindung betrifft einen Mikrowellen-Radar-Sender und -Empfänger auf einem einzelnen Substrat mit Flip-Chip-montierten monolithischen integrierten Mikrowellen-Schaltkreis (MMIC) Chips zur Verwendung wie in Nahhinderniserkennungssystemen (NODS) für Kraftfahrzeuge.

15

Beschreibung des einschlägigen Standes der Technik

20 Übliche MMICs werden auf Galliumarsenid-(GaAS)-Substraten hergestellt, wobei die Mikrostrip-Leitung (Bandleiter) als Haupt-Mikrowellensignal-Übertragungsmedium verwendet wird. Eine allgemeine Abhandlung über MMIC-Technologie und Mikrowellen-Übertragungsleitungskonfigurationen steht in "Millimeter-Wave Integrated Circuits" (Millimeterwellen-integrierte Schaltkreise) von Kai Chang, TRW Electronics & Defense Sector/Quest, Winter 1983/84, Seiten 43 bis 59. Radarsender und 25 -empfänger, welche MMIC-integrierte Schaltkreise umfassen, sind in zahlreichen Anwendungsfällen einschließlich NODS, Sensoren zur Erfassung der wahren Grundgeschwindigkeit, Hindernisvermeidungssystemen (adaptive Flug/Fahrtlenkung) und aktiven Phasen-gekoppelten Radaranordnungen wünschenswert, 30 die eine große Anzahl von Sendeempfängern in einer einzelnen Betriebseinheit verwenden.

35 Die Dicke des GaAS-Substrats ist typischerweise auf 100 µm in dem X-Band und bei höheren Frequenzen wegen der Streucharak-

1 teristiken, Modenwandlung, thermischen und Schaltkreisdichte-
Gegebenheiten beschränkt. Diese MMIC-Chips sind zu zerbrech-
lich für eine automatisierte Chip-Handhabung, die von moder-
nen Roboterherstellungstechniken wie Aufnehmen, Positionieren
5 und Preßverbinden Gebrauch macht. Darüber hinaus werden gene-
rell Drahtverbindungen mit Golddrähten von $25 \mu\text{m}$ Durchmesser
eingesetzt, die arbeitsintensiv sind und zu Zuverlässigkeit-
problemen führen. Auf Mikrostrips basierende MMICs sind nicht
mit der kostengünstigen Flip-Chip-Montagetechnologie kompati-
10 bel, da die Erdfläche auf der entgegengesetzten Seite des
Substrats bezogen auf die elektronischen Schaltkreiselemente
für Mikrowellen-Frequenz liegt.

15 Mikrostrip ist die am umfangreichsten benutzte Übertragungs-
leitung sowohl bei hybriden als auch bei monolithischen inte-
grierten Schaltkreisen für Mikrowellen. In Fig. 1 dargestellt
wird ein elektrisch leitender Bandleiter 10 auf einer Ober-
fläche eines elektrisch isolierenden oder dielektrischen
Substrats 12 gebildet, während eine elektrisch leitende Elek-
trode oder Erdfläche 14 auf der entgegengesetzten Oberfläche
20 gebildet ist. Die charakteristische Impedanz der Mikrostrip-
Übertragungsleitung wird durch die Breite des Bandleiters 10
sowie die Dicke und Dielektrizitätskonstante des Substrats 12
bestimmt. Die Dicke des Substrats 12 beträgt gewöhnlich einen
kleinen Bruchteil einer Wellenlänge der höchsten Signalfre-
quenz, die sich in dem Substrat 12 ausbreitet, um übermäßige
25 Frequenzstreuung oder eine unerwünschte Moden-Anregung höherer
Ordnung (abweichend von dem transversalen elektrischen
und magnetischen (TEM) Grund-Mode) bei Signalfrequenz oder
Harmonischen der Signalfrequenz zu vermeiden. Typische MMICs,
30 die auf GaAs beruhen und im X-Band und höheren Frequenzen
arbeiten, werden auf $100 \mu\text{m}$ dicken Substraten ausgebildet.
Der Zugang zu der Erdfläche 14 wird durch einen metallisierten
vertikalen Verbinder (Durchgangselement) geschaffen,

1 welcher in einem Loch, welches sich durch das Substrat 12
erstreckt, ausgebildet ist.

5 Wie in Fig. 2 dargestellt, schließt eine übliche MMIC hybride
Mikroschaltkreisanordnung individuelle MMIC-Chips 16, 18 und
20 ein, die auf einem gemeinsamen Metallsubstrat oder Träger
22 montiert sind, der auf Erdpotential gehalten wird. Verbin-
10 der zwischen den Chips 16, 18 und 20 sind durch Golddrähte
oder Bänder 24 vorgesehen, deren Durchmesser typischerweise
25 μm beträgt. Die Verbindungen 24 sind häufig die erhebliche
Quelle von Zuverlässigkeitsproblemen, wenn die Chips 16, 18
und 20 auf einem gemeinsamen Modul mit anderen integrierten
Schaltkreisen zusammengesetzt werden. Die dünnen ($100\mu\text{m}$ dik-
15 ken) Chips 16, 18 und 20 sind für Herstellungsverfahren zu
zerbrechlich, die automatisierte/ Roboter Aufnehm- und Posi-
tioniertechniken einsetzen. Weiterhin ist der auf Mikrostrip
basierende Schaltkreis wie in Fig. 1 dargestellt, bei dem die
Erdfläche 14 auf der entgegengesetzten Seite wie die Bandlei-
ter 10 liegen, nicht mit Flip-Chip-Montagetechniken kompati-
20 bel, die von einem kostengünstigen Reflow-Lötverfahren Ge-
brauch machen.

Zusammenfassung der Erfindung

25 Die vorliegende Erfindung sieht ein kostengünstiges Verfahren
zum Herstellen von hybriden MMIC-Baugruppen oder -Modulen
einschließlich Radar-Sender- und -Empfänger-Signalverarbei-
tungs- und Energienormalisierungs-integrierte Schaltkreis-
30 Chips sowie Mikrowellen-Sende- und -Empfangsfelderantennen
auf einem gemeinsamen Substrat vor. Sämtliche Verbindungen
des integrierten Schaltkreises werden während eines einzelnen
Reflow-Lötvorgangs erzeugt. Für den MMIC-Chip und das Sub-
strat wird eine koplanare Wellenleiter- und/oder parallele
35 Streifenleiter-Schaltkreistechnik angewendet.

1 Dies ermöglicht die Herstellung von Mikrowellen-Sender- und
-Empfänger-Modul-Baugruppen zur Herstellung von Radar-Sensor-
und -Nachrichtenausrüstung mit großem Volumen bei großer Aus-
stoßrate. Die vorliegende Erfindung ist mit kostengünstigen,
5 automatisierten/Roboter-Hybrid-Schaltkreis-Baugruppenverfah-
ren kompatibel, da die robusten koplanaren, integrierten
Schaltkreis-Chips für Mikrowellen verwendet werden. Die vor-
liegenden Chips können mit einer Dicke von 600 µm und mehr
hergestellt werden, im Unterschied zu üblichen 100 µm dicken
10 MMIC-Chips, da die durch die Mikrostrip-Übertragungsleitungen
auferlegten Beschränkungen entfallen sind. Teure manuelle
Chip-Ausrichtungs- und -Verbindungsdrahtanschlußschritte sind
während des Montageprozesses vermieden, bei dem viele Module
gleichzeitig bearbeitet werden können. Genauer schließt ein
15 Mikrowellen-Radar-Sender und -Empfänger einen monolithischen,
integrierten Schaltkreis-Chip für Mikrowellen ein, der kopla-
nare Wellenleiter-Übertragungsleitungen aufweist, die auf der
gleichen Oberfläche wie dessen elektronische Elemente ausge-
bildet sind. Koplanare Wellenleiter-Übertragungsleitungen
werden ebenfalls auf einer Oberfläche eines Substrats gebil-
det. Planare Sende- und Empfangsantennenelemente werden auf
der abgewandten Oberfläche des Substrats gebildet und mit den
Übertragungsleitungen durch vertikale Verbindungen verbunden,
die sich durch das Substrat erstrecken. Der Sender- und Emp-
fänger-Chip ist zusätzlich zu den Signalverarbeitungs- und
20 Energie-Normalisierungs-Chips auf dem Substrat in einer Flip-
Chip-Anordnung montiert, wobei die entsprechenden Oberflä-
chen, auf denen die Übertragungsleitungen ausgebildet sind,
ebenfalls einander gegenüberstehen. Elektrisch leitende Vor-
sprünge werden auf Abschnitten der Übertragungsleitungen der
25 Chips gebildet, die mit den Übertragungsleitungen des Sub-
strats zu verbinden sind, und Lot wird auf Abschnitten der
Übertragungsleitung des Substrats gebildet, die mit Übertra-
gungsleitungen der Chips zu verbinden sind. Die Chips werden
30 auf dem Substrat ausgerichtet und Baugruppe wird erwärmt, um
35 auf dem Substrat ausgerichtet und Baugruppe wird erwärmt, um

1 das Lot zu verschmelzen und die Vorsprünge auf den Chips mit
den Übertragungsleitungen auf dem Substrat in einem Gesamt-
prozeß zu verbinden. Die Vorsprünge bilden den Abstand zwi-
5 schen den zueinander passenden Oberflächen des Substrats und
der Chips sowie eine Isolierung zwischen elektronischen Ele-
mente auf den Chips.

10 Diese und weitere Merkmale und Vorteile der vorliegenden
Beschreibung werden den Fachleuten aus der folgenden speziellen
Beschreibung in Verbindung mit den zugehörigen Zeichnungen
klar, in denen gleiche Bezugszeichen sich auf übereinstimmende Teile beziehen.

15 Beschreibung der Zeichnungen

Fig. 1 ist ein Schnitt durch eine übliche Mikrostrip-Übertragungsleitung;

20 Fig. 2 ist ein Schnitt, welcher eine Baugruppe aus auf üblichen Mikrostrip-Leitungen beruhenden MMIC-Chips auf einem Substrat oder Träger darstellt;

25 Fig. 3 ist eine vereinfachte Darstellung, die einen Radar-Sender-Empfänger zeigt, welcher die vorliegende Erfindung in der Anwendung als Nähhindernis-Sensor für ein Kraftfahrzeug verkörpert;

30 Fig. 4 ist ein Blockschaltbild des Sensors für Nähhindernisse, der in Fig. 3 gezeigt ist;

Fig. 5 ist eine vereinfachte Draufsicht auf den vorliegenden Radar-Sender-Empfänger;

1 Fig. 6 ist ein Schnitt, der entlang einer Linie 6-6 in
Fig. 5 aufgenommen ist;

5 Fig. 7 ist eine Teilschnittansicht auf den Transceiver,
welche Dimensionen verdeutlicht, die für die Aus-
führungsform der Erfindung wesentlich sind;

10 Fig. 8 ist eine Schnittansicht, welche eine Erdverbin-
dungskonfiguration einschließlich elektrisch leit-
tender Distanzstücke oder Vorsprünge entsprechend
der Erfindung veranschaulicht, und

15 Fig. 9 und 10 sind Schnittansichten, welche ein Herstel-
lungsverfahren nach der Erfindung veranschaulichen.

Detaillierte Beschreibung der Erfindung

20 Fig. 3 veranschaulicht eine bevorzugte Anwendung für einen Radar-Sender und -Empfänger auf einem einzelnen Substrat, das die vorliegende Erfindung verkörpert, obwohl die Erfindung bei zahlreichen anderen Anwendungen anwendbar ist. Entsprechend der Erfindung ist eine Radar-Sender- und -Empfängerbaugruppe oder ein Modul 30 an einer rückwärtigen Stoßstange oder anderen nach rückwärts gerichteten Oberfläche eines Kraftfahrzeugs 32 montiert. Eine hörbare und/oder sichtbare Anzeige 34 ist innerhalb des Fahrzeugs 32 an einer Stelle montiert, bei der sie von dem Fahrzeuglenker leicht gesehen und/oder gehört werden kann. Das Sender- und Empfänger-Modul 30 sendet ein Mikrowellen-Radarsignal von dem Fahrzeug 32 nach rückwärts und empfängt Reflektionen des ausgesendeten Signals von einem Gegenstand oder Hindernis, wie einem anderen Fahrzeug 38, welches sich in der Nähe der Rückseite des Fahrzeugs 32 befindet, wie durch Pfeile 36 angedeutet. Auf die reflektierten Signale ansprechend aktiviert das Modul 30

25

30

35

1 die Anzeige 34, um den Fahrer über die Anwesenheit des Hin-
dernisses 38 zu benachrichtigen.

5 Die in Fig. 3 gezeigte Anordnung ist als Nahhindernis-Erken-
nungssystem (NODS) bekannt und ist in der Hauptsache dazu
eingerichtet, den Fahrer davon abzuhalten, das Fahrzeug rück-
wärts fahrend mit einem nicht sichtbaren Hindernis, welches
sich hinter dem Fahrzeug 32 befindet, kollidieren zu lassen.
10 Solch ein System ist besonders nützlich für Lastkraftwagen,
die keine Rückfenster haben, um eine unmittelbare Rückwärts-
sicht zu gewähren. Das System wird auch den Fahrer über die
Anwesenheit eines anderen Fahrzeugs alarmieren, welches sich
von rückwärts nähert und kann dazu angepaßt sein, die Gegen-
wart eines dicht benachbarten Fahrzeugs in einem blinden
15 Fleck des Fahrzeugs 32 zu erfassen, obwohl dies nicht darge-
stellt ist. Das Modul 30 kann jeden anwendbaren Typ eines
Radarsystems innerhalb des Schutzmfangs der vorliegenden
Erfindung verkörpern, wie gepulstes Radar, Dopplerradar usw.

20 Die Anzeige 34 kann auch ein Blinklicht, einen hörbaren Piep-
ser, eine analoge oder digitale Entfernungsanzeige oder ir-
gendeine andere Art Anzeige einschließen, die für eine be-
stimmte Anwendung geeignet ist. Bei einem auf der Rückseite
eines Kraftfahrzeugs wie dargestellt montierten Nahhindernis-
25 Erfassungssystem umfaßt die Anzeige 34 in typischer Weise ein
Blinklicht und einen Piepser, wobei die Blink- und Piephäu-
figkeiten und/oder Piepserlautstärke in dem Maße zunehmen, in
dem die Entfernung zu dem erfaßten Hindernis abnimmt.

30 Ein Blockschaltbild des Moduls 30 ist in Fig. 4 dargestellt.
Das Modul 30 schließt eine Signalverarbeitungseinheit 56 ein,
welche die Wellenform eines Hauptoszillators 40 steuert. Der
Hauptoszillator 40 erzeugt ein elektromagnetisches Signal bei
einer Mikrowellenfrequenz und speist das Signal über einen
35 Verstärker 42 in einen Teiler 44 ein. Ein Teil des Signals

1 geht durch den Teiler 44 hindurch und wird über ein Filter 46
in eine Sendeantenne 48 eingespeist.

5 Eine Reflektion des ausgesendeten Signals von einem Hindernis
oder einem anderen Gegenstand, der von dem Signal der Antenne
48 angestrahlt ist, wird von einer Empfangsantenne 50 aufge-
nommen und über einen Verstärker 52 in einem Mischer 54 ein-
gespeist. Ein Teil des von dem Teiler 44 übertragenen Signals
10 wird ebenfalls in den Mischer 54 eingespeist. Die Sende- und
Empfangssignale werden von dem Mischer in eine Signalverar-
beitungseinheit 56 eingespeist, welche die Gegenwart eines
Hindernisses und wahlweise den Abstand des Hindernisses und
die Relativgeschwindigkeit zwischen Fahrzeug und Hindernis
15 als Funktion der Sende- und Empfangssignale erfaßt. Die Aus-
gangsgröße der Signalverarbeitungseinheit 56 wird in die
Anzeige 34 eingespeist.

Die Elemente 40, 42, 44, 46, 52 und 54 sind in einem einzel-
nen MMIC-Radar-Sender- und -Empfänger-Chip 58 integriert. Das
Modul 30 schließt weiterhin eine Energienormalisierungsein-
heit 60 ein, die, obwohl nicht im einzelnen dargestellt, die
Eingangsspannung von einer Primärenergiequelle, wie einer
Speicherbatterie (nicht dargestellt) des Fahrzeugs 32 umsetzt
und regelt, um die verschiedenen Betriebsspannungen bereitzu-
stellen, die von dem Sender- und Empfänger-Chip 58 und ande-
ren Komponenten des Moduls 30 benötigt werden.

Indem jetzt auf Fig. 5 und 6 Bezug genommen wird, schließt
30 die vorliegende Radar-Sender- und Empfänger-Baugruppe oder
das Modul 30 ein elektrisch isolierendes Substrat 62 ein,
welches typischerweise aus Aluminiumoxyd besteht und eine
erste Oberfläche 62a sowie eine zweite Oberfläche 62b, die
von der ersten Oberfläche 62a abgewandt ist, aufweist. Der
MMIC-Sender- und Empfänger-Chip 58 ist auf der ersten Ober-
fläche 62a des Substrats 62 in einer Flip-Chip-Anordnung

1 montiert, die im einzelnen unten beschrieben wird. Die Si-
gnalverarbeitungseinheit 56 und die Energienormalisierungs-
einheit 60 können auch durch integrierte Schaltkreis-Chips
5 verkörpert werden und auf dem Substrat 62 in gleicher Weise
wie der Sender- und Empfänger-Chip 58 montiert werden.

Bezugnehmend auf Fig. 5 in Kombination mit Fig. 6 ist ein
Metallmuster, welches Erdflächen 64 und 66 einschließt, auf
der ersten Oberfläche 62a des Substrats 62 zusätzlich zu
10 koplanaren Mikrowellen-Übertragungsleitungen gebildet, welche
die Chips 56, 58 und 60 verbinden. Die Übertragungsleitungen
können koplanare Wellenleiter, parallele Bandleiter oder
irgendeine andere geeignete Konfiguration oder Kombination
hiervon einschließen. Wie dargestellt, ist eine Übertragungs-
15 leitung einschließlich eines Mittel- oder Signalleiters 68
und Erdleitern 70 und 72 auf gegenüberliegenden Seiten des
Signalleiters 68 auf der Oberfläche 62a gebildet, um den
Signalverarbeitungs-Chip 56 mit dem Sender- und Empfänger-
Chip 58 zu verbinden. Eine ähnliche Übertragungsleitung ein-
20 schließlich eines Mittel- oder Signalleiters 64 und Erdlei-
tern 76 und 78 ist auf der Oberfläche 62a gebildet, um den
Energienormalisierungs-Chip 60 mit dem Sender- und Empfänger-
Chip 58 zu verbinden. Weiterhin ist ein Leiter 80 darge-
stellt, der den Signalverarbeitungs-Chip 56 mit der Erdfläche
25 64 verbindet, sowie ein Leiter 82 zum Verbinden des Energie-
normalisierungs-Chips 60 mit der Erdfläche 66. Ein Leiter-
anschluß 84 ist dazu vorgesehen, um den Energienormalisie-
rungs-Chip 62 mit einer Primärenergiequelle (nicht darge-
stellt) zu verbinden, und ein Leiteranschluß 86 ist vorgese-
30 hen, um den Energienormalisierungs-Chip 56 mit der Anzeige 34
zu verbinden.

Entsprechend der vorliegenden Erfindung wird die Sende-Anten-
ne 48 durch eine Mikrostrip-Patch-Antenne (Bandleiter-Felder-
35 antenne) gebildet, die eine Vielzahl miteinander verbundener

1 Elemente 88 einschließt, die auf der zweiten Oberfläche 62b des Substrats 62 unter der Erdfläche 64, wie in den Fig. 5 und 6 ersichtlich, gebildet sind. Die Empfangsantenne 50 ist als ähnliche Microstrip-Patch-Antenne (Bandleiter-Felderantenne) vorgesehen, die miteinander verbundene Elemente 90 umfaßt, die auf der zweiten Oberfläche 62b unter der Erdfläche 66 gebildet sind. Die Erdflächen 64 und 66 stellen eine elektrische Erde für die Chips 56, 58 und 60 auf der ersten Oberfläche 62a des Substrats 62 wie für die entsprechenden Elemente 88 und 90 auf der zweiten Oberfläche 62b des Substrats 62 dar. Die Ausgangsgröße des Filters 46, welches das ausgesendete Ausgangssignal des Sender- und Empfänger-Chips 58 darstellt, ist mit den Sende-Antennen-Elementen 88 durch eine elektrisch leitende vertikale Verbindung (Durchgangselement 92) verbunden, welche sich durch ein Loch in dem Substrat 32 erstreckt. Die Eingangsgröße zu dem Verstärker 52, welche das empfangende Eingangssignal des Sender- und Empfänger-Chips 58 darstellt, wird mit den Empfangsantennen-Elementen 90 über ein ähnliches Durchgangselement 94 verbunden.

25 Die besondere Architektur des MMIC-Sender- und -Empfänger-Chips 58 wie der Chips 56 und 60 ist nicht Gegenstand der vorliegenden Erfindung, ausgenommen, daß die elektronischen Elemente (Feldeffekt-Transistoren usw.) dieser Chips durch koplanare Mikrowellen-Übertragungsleitungen miteinander verbunden sind, die auf der gleichen Oberfläche wie die elektronischen Elemente gebildet sind. Wie in Fig. 7 dargestellt, hat ein repräsentativer Ausschnitt des Sender- und Empfänger-Chips 58 eine erste Oberfläche 58a und eine zu dieser abgewandte zweite Oberfläche 58b. Die elektronischen Elemente des Chips 58 sowie die koplanaren Übertragungsleitungen sind auf der ersten Oberfläche 58a gebildet, die an die erste Oberfläche 62a des Substrats 62 in einer Flip-Chip-Konfiguration angepaßt ist. Wie aus Fig. 7 sichtbar, schließt eine koplana-

re Übertragungsleitung einen Mittel- oder Signalleiter 100 ein, und Erdleiter 102, 104 sind auf der ersten Oberfläche 58a des Chip 58 gebildet und elektrisch mit dem Signalleiter 68 und Erdleitern 70 und 72 auf dem Substrat 62 durch Löten verbunden, wie es im einzelnen weiter unten beschrieben wird. Die Chips 56 und 60 weisen hierauf gebildete Übertragungsleitungen auf, die im wesentlichen denen ähnlich sind, die in Fig. 7 gezeigt sind. Obwohl nicht dargestellt, sind die inneren elektronischen Elemente der Chips 56, 58 und 60 durch koplanare Übertragungsleitungen verbunden, die Leiter ähnlich 100, 102 und 104 einschließen.

Ein wesentlicher Faktor bei der Verwirklichung der vorliegenden Erfindung besteht in der Anpassung MMIC-integrierter Schaltkreis-Chips an die Flip-Chip-Technologie. Die Radiofrequenzeigenschaften üblicher Mikrostrip- oder Gegentakt-, auf diskreten Elementen ruhender koplanarer Schaltkreise werden stark durch das dielektrische Substrat (oder Metallisierung) in unmittelbarer Nähe der Mikrowellen-Elektronik-Schaltelemente auf den umgekehrten MMIC-Chips beeinflußt. Die Isolation zwischen verschiedenen Teilen eines MMIC-Chips kann sich ebenfalls aufgrund zusätzlicher Kopplung durch das Modulsubstrat verschlechtern. Diese möglichen Nachteile werden durch Verwendung koplanarer Wellenleiter mit schmalem Spalt oder anderer koplanarer Übertragungsleitungen auf den MMIC-Chips gemildert. Wie in Fig. 7 für MMICs auf GaAs-Grundlage dargestellt, tritt keine bedeutsame Änderung der Impedanzeigenschaft des koplanaren Wellenleiters oder der Phasengeschwindigkeit ein, wenn die Trennung d1 der Oberflächen 58a und 62a wenigstens sechsmal dem Spalt d2 zwischen dem Signalleiter 100 und Erdleitern 102 und 104 beträgt. Für einen Spalt d2 von 12 μm sollte die Trennung d1 wenigstens 72 μm betragen.

Wie in Fig. 7 dargestellt, kann der erforderliche Abstand zwischen den Chips 56, 58 und 60 und dem Substrat 62 durch

1 Ausbilden elektrisch leitender Distanzstücke oder Vorsprünge
106, 108 und 110 auf den Leitern 100 bzw. 102 bzw. 104 vor
dem Aufbringen der Chips auf dem Substrat 62 geschaffen wer-
den. Die Vorsprünge können durch Versilbern geschaffen werden
5 und haben typischerweise einen Durchmesser von 150 µm und
eine Höhe von 75 µm für Verbindungen für niedrige Frequenz-
oder Erdverbindungen und einen Durchmesser von 75 µm für
Mikrowellen-Frequenzverbindungen. Die unteren Enden der Vor-
sprünge 106, 108 und 110 werden gleichzeitig mit den Leitern
10 68 bzw. 70 bzw. 72 verlötet, indem ein Reflow-Lötverfahren
verwendet wird, das im einzelnen unten beschrieben wird.
Zusätzlich zu der elektrischen Verbindung und Abstandshaltung
dienen die Vorsprünge zum Schutz der Luftbrücken, die gewöhn-
lich auf MMIC-Chips zu finden sind.

15

Zusätzlich zu den Erdleitern 70 und 72 können geerdete Me-
tallmuster, wie sie bei 107 in Fig. 8 ausgebildet sind, auf
der Oberfläche 62a des Substrats 62 vorgesehen sein, um in
Verbindung mit zusätzlichen Vorsprüngen 109 einen "Latten-
zaun" von Erdverbindungen zu bilden, damit eine verbesserte
20 elektrische Isolation der verschiedenen Teile der Baugruppe
geschaffen wird. Die zusätzlichen Vorsprünge 109 werden auf
Erdleitern des Chips 58 gebildet, die gemeinsam in Fig. 8 mit
111 bezeichnet sind. Mittelleiter der Übertragungsleitungen
25 sind ebenfalls gezeigt und gemeinsam mit 112 bezeichnet.

Die Chips 56, 58 und 60 werden auf dem Substrat 62 aufge-
bracht und mit diesem elektrisch verbunden, indem ein Reflow-
30 Lötverfahren verwendet wird, wie in Fig. 9 und 10 darge-
stellt. In Fig. 9 ist eine Mischung von Lot und Flusspaste auf
den Abschnitten der Übertragungsleitungen des Substrats 62
gebildet, die mit den Übertragungsleitungen der Chips 56, 58
und 60 zu verbinden sind, indem z.B. durch eine Maske ge-
druckt wird. Das Lotmuster ist gemeinsam als Teile 114 ein-
35 schließend bezeichnet. Gemeinsam mit 116 bezeichnete Vor-

i sprünge sind auf Abschnitten der Übertragungsleitungen der Chips 56, 58 und 60 gebildet, die mit den Übertragungsleitungen des Substrats 62 verbunden sind. Die Chips 56, 58 und 60 sind mit dem Substrat 62 zusammengesetzt, wie es durch Pfeile angezeigt ist, so daß die Vorsprünge 116 präzise mit den Lotabschnitten 114 ausgerichtet sind.

Wie aus Fig. 10 zu ersehen ist, wird die Baugruppe auf eine Temperatur von 200 bis 300°C während ungefähr einer Minute erhitzt, wie es durch Pfeile angedeutet ist, wodurch das Lot 114 veranlaßt wird zu schmelzen oder "Reflow" zu fließen, sowie zu verschmelzen und dadurch die Vorsprünge 116 elektrisch mit den Übertragungsleitungen auf dem Substrat 62 zu verbinden. Das Reflow-Lötverfahren ermöglicht eine Chip-Positionierungsgenauigkeit innerhalb von 25 µm, da die Oberflächenspannung der geschmolzenen Lotabschnitte 114 an den Vorsprüngen 116 zieht. Die koplanaren Mikrowellen-Übertragungsleitungen des MMIC-Chips ermöglichen es, die Chips fortlaufend mit dem Substrat in einer Flip-Chip-Konfiguration zusammenzusetzen, wobei das Reflow-Lötverfahren Anwendung findet. Die koplanaren Übertragungsleitungen ermöglichen es auch, daß die MMIC-Chips wesentlich dicker als üblicherweise GaAs-MMIC-Chips, typischerweise 600 µm im Vergleich zu 100 µm ausgebildet werden. Dies ermöglicht es, die vorliegenden MMIC-Chips in automatisierter/Roboter-Technologie mit den Substraten bei äußerster Präzision zusammenzusetzen, wobei die arbeitsintensiven manuellen Handhabungen und die hohe Schadenshäufigkeit vermieden wird, die mit dem Stand der Technik verbunden waren.

30

35

1. EP 91 307 661.8/0474393
Hughes Aircraft Company

5 Patentansprüche

1. Mikrowellen-Radar-Baugruppe, umfassend:
ein elektrisch isolierendes Substrat (62) mit einer Oberfläche (62a);
10 koplanare Mikrowellen-Übertragungsleitungsmittel (68, 70, 72), die auf der Oberfläche des Substrats gebildet sind;
einen integrierten Mikrowellen-Radar-Schaltkreis-Chip (58) mit einer Oberfläche (58a); und
15 koplanare Mikrowellen-Übertragungsleitungsmittel (100, 102, 104), die auf der Oberfläche des Radar-Chips gebildet sind;
wobei der Radar-Chip auf dem Substrat dergestalt montiert ist, daß die Oberfläche des Radar-Chips der Oberfläche des Substrats gegenübersteht, und die Übertragungsleitungsmittel des Radar-Chips elektrisch mit den Übertragungsleitungsmitteln des Substrats verbunden sind.
- 25 2. Baugruppe nach Anspruch 1, in welcher der Radar-Chip ein Radar-Sender-Empfänger-Chip ist, wobei die Baugruppe weiterhin umfaßt:
einen integrierten Signalverarbeitungsschaltkreis-Chip (56), der ein Ausgangssignal von dem Sender-Empfänger-Chip verarbeitet, wobei der Signalverarbeitungs-Chip eine Oberfläche aufweist;
30 und koplanare Mikrowellen-Übertragungsleitungsmittel, die auf der Oberfläche des Signalverarbeitungs-Chips gebildet sind;

1 wobei der Signalverarbeitungs-Chip auf dem Substrat
dergestalt montiert ist, daß die Oberfläche des Signal-
verarbeitungs-Chips der Oberfläche des Substrats gegen-
übersteht, und die Übertragungsleitungsmittel des Si-
gnalverarbeitungs-Chips elektrisch mit den Übertragungs-
leitungsmitteln des Substrats verbunden sind.

3. Baugruppe nach Anspruch 1, in welcher der Radar-Chip ein
10 Radar-Sender-Empfänger-Chip ist, wobei die Baugruppe
weiterhin umfaßt:
einen integrierten Energienormalisierungs-Schaltkreis-
Chip (60) zur Einspeisung einer geregelten elektrischen
Energie in den Sender-Empfänger-Chip, wobei der Energie-
normalisierungs-Chip eine Oberfläche aufweist;
15 koplanare Mikrowellenübertragungsleitungs-Mittel auf der
Oberfläche des Energienormalisierungs-Chips;
wobei der Energienormalisierungs-Chip auf dem Substrat
dergestalt montiert ist, daß die Oberfläche des Energie-
normalisierungs-Chips der Oberfläche des Substrats ge-
genübersteht, und die Übertragungsleitungsmittel des
20 Energienormalisierungs-Chips mit den Übertragungslei-
tungsmitteln des Substrats verbunden sind.

4. Baugruppe nach Anspruch 1, bei der:
25 der Radar-Chip ein Sender-Empfänger-Chip ist,
das Substrat eine zweite Oberfläche (62b) aufweist,
welche zu dessen Oberfläche entgegengesetzt ist,
wobei die Baugruppe weiterhin umfaßt:
Planar-Radar-Antennenmittel (64,66), die auf der zweiten
30 Oberfläche des Substrats gebildet sind, und Verbindungs-
mittel (48,50), welche sich durch das Substrat erstrecken
und den Sender-Empfänger-Chip mit den Antennenmit-
teln verbinden.

- 1 5. Baugruppe nach Anspruch 4, in dem die Verbindungsmitte1 wenigstens ein Durchgangselement umfassen.
- 5 6. Baugruppe nach Anspruch 4, in der:
 - die Antennenmittel eine Sendeantenne (48) und eine Empfangsantenne (50) umfassen;
 - die Verbindungsmitte1 ein erstes Durchgangselement (92) umfassen, welches den Sender-Empfänger-Chip mit der Sendeantenne (94) verbindet, und ein zweites Durchgangselement (94) umfaßt, welches den Sender-Empfänger-Chip mit der Empfangsantenne verbindet.
- 10 7. Baugruppe nach Anspruch 1, in der die Übertragungsleitungsmittel (100, 102, 104) des Radar-Chips mit den Übertragungsleitungsmitteln des Substrats (68, 7072) durch Löten verbunden sind.
- 15 8. Baugruppe nach Anspruch 1, in der:
 - die Übertragungsleitungsmittel des Radar-Chips eine Vielzahl von Übertragungsleitungen umfassen, von denen jede einen Signalleiter (100) und einen Erdleiter (102, 104) einschließt;
 - die Übertragungsleitungsmittel des Substrats Erdleitermittel (70, 72) umfaßt;
- 20 25 die Baugruppe weiterhin eine Vielzahl von Distanzstücken (109) umfaßt, welche die Erdleiter der Übertragungsleitungen des Radar-Chips mit den Erdleitermitteln des Substrats verbindet und die Oberflächen des Radar-Chips und des Substrats in einem vorgegebenen Abstand zueinander hält.
- 30 35 9. Baugruppe nach Anspruch 8, in der die Distanzstücke auf den Erdleitern des Radar-Chips gebildet sind und durch Löten elektrisch mit den Erdleitern des Substrats verbunden sind.

- 1 10. Baugruppe nach Anspruch 8, in der die Distanzstücke
Vorsprünge umfassen.
- 5 11. Baugruppe nach Anspruch 8, in welcher der vorgegebene
Abstand (d1) wenigstens ungefähr sechs mal dem Abstand
(d2) zwischen den Signalleitern und entsprechenden Erd-
leitern der Übertragungsleitungen des Radar-Chips be-
trägt.
- 10 12. Baugruppe nach Anspruch 1, in der:
die Übertragungsleitungsmittel des Radar-Chips eine
Vielzahl von Übertragungsleitungen umfassen, von denen
jede einen Signalleiter (100) und einen Erdleiter
(102,104) einschließt;
15 die Baugruppe weiterhin Abstandsstücke (109) umfaßt,
welche die Oberflächen des Radar-Chips und des Substrats
in einem vorgegebenen Abstand zueinander halten;
wobei der vorgegebene Abstand (d1) wenigstens sechs mal
dem Abstand (d2) zwischen den Signalleitern und entspre-
20 chenden Erdleitern der Übertragungsleitungen des Radar-
Chips beträgt.
- 25 13. Verfahren zur Herstellung einer Mikrowellen-Radar-Bau-
gruppe mit den Schritten:
 - (a) Bereitstellen eines elektrisch isolierenden Sub-
strats mit koplanaren Mikrowellen-Übertragungslei-
tungsmitteln, die auf einer dessen Oberflächen ge-
bildet sind;
 - (b) Bereitstellen eines integrierten Mikrowellen-Radar-
Schaltkreis-Chips mit koplanaren Übertragungslei-
tungsmitteln, die auf einer dessen Oberflächen ge-
bildet sind;
 - (c) Aufbringen von Lot auf Abschnitten der Übertra-
gungsleitungsmittel des Substrats, die mit entspre-
- 30
- 35

1 chenden Abschnitten der Übertragungsleitungsmittel des Radar-Chips zu verbinden sind;

5 (d) Zusammenpassen der Oberfläche des Radar-Chips mit der Oberfläche des Substrats, so daß die entsprechenden Abschnitte der Übertragungsleitungsmittel des miteinander zu verbindenden Radar-Chips und Substrats zueinander ausgerichtet sind; und

10 (e) zeitweiliges Erhitzen des Lots auf eine Temperatur, welche es verschmelzen und die entsprechenden Abschnitte der Übertragungsleitungsmittel des Radar-Chips und Substrats miteinander verbinden läßt.

14. Verfahren nach Anspruch 13, bei dem Schritt (b) das Be-
reitstellen eines solchen Radar-Chips umfaßt, daß die
15 Abschnitte dessen Übertragungsleitungsmittel, die mit den entsprechenden Abschnitten der Übertragungsleitungsmittel des Substrats zu verbinden sind, elektrisch leitfähige Vorsprünge einschließen.

20 15. Verfahren nach Anspruch 14, bei dem Schritt (b) das Bilden der Übertragungsleitungsmittel des Radar-Chips als eine Vielzahl von Übertragungsleitungen einschließend umfaßt, von denen jede einen Signalleiter und einen Erdleiter mit vorgegebenem Abstand zwischen diesen einschließt, und das Bilden von Vorsprüngen einer Höhe umfaßt, so daß die zusammengepaßten Oberflächen bei Abschluß des Schritts (e) zueinander einen Abstand aufweisen, der wenigstens ungefähr das Sechsfache des vorgegebenen Abstands beträgt.

25 30 16. Verfahren nach Anspruch 13, bei dem Schritt (e) weiterhin das gemeinsame Erhitzen des Substrats, des Radar-Chips und des Lots auf die Temperatur einschließt.

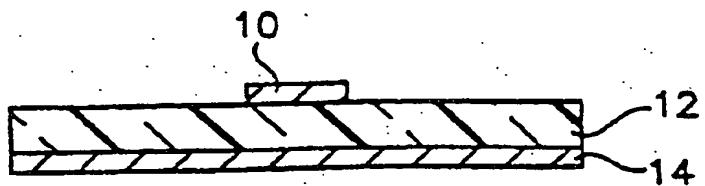


Fig. 1 (STAND DER TECHNIK)

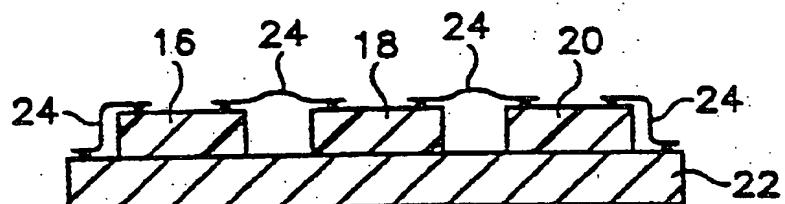


Fig. 2 (STAND DER TECHNIK)

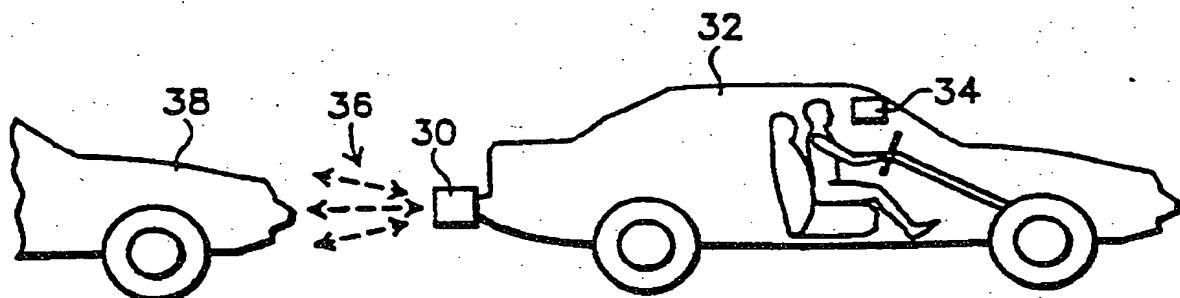


Fig. 3

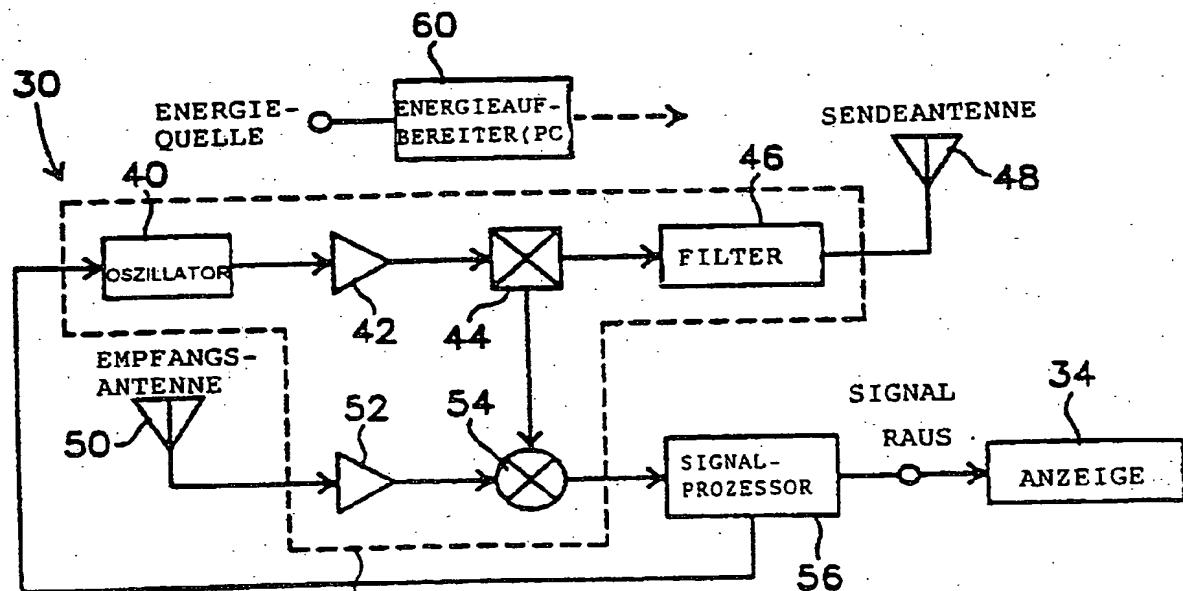


Fig. 4

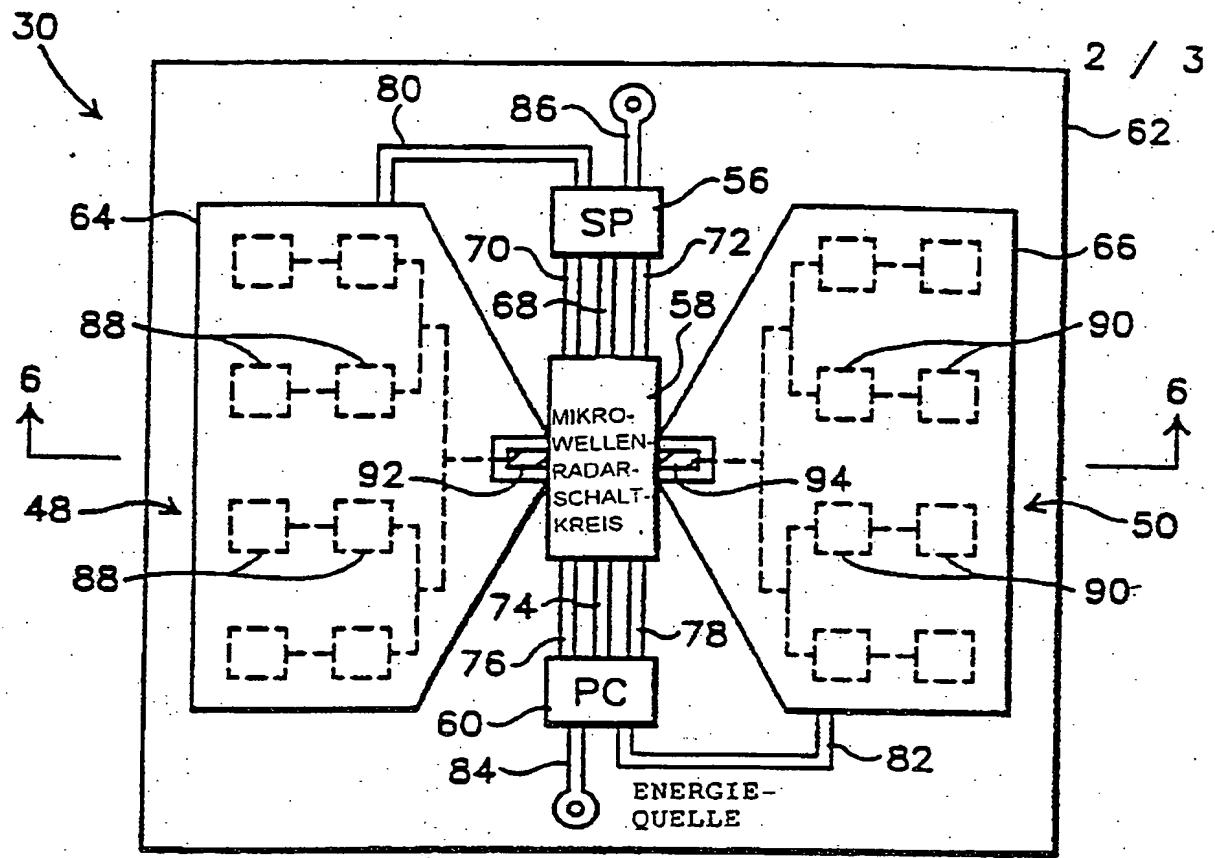


Fig. 5

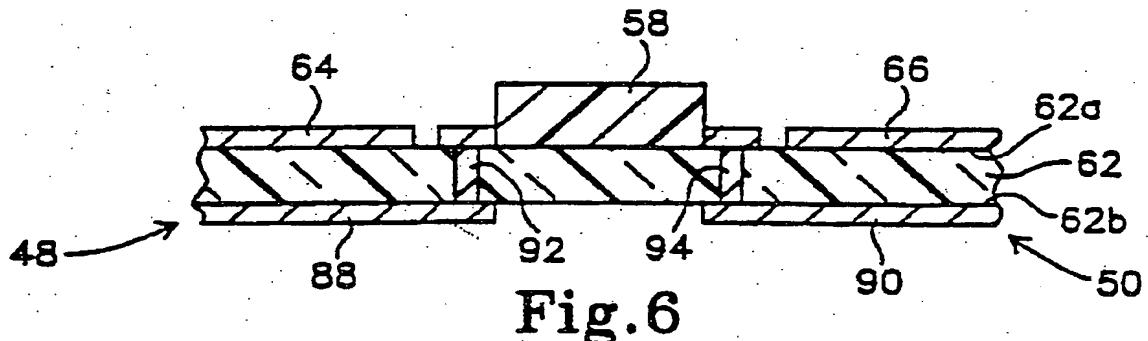
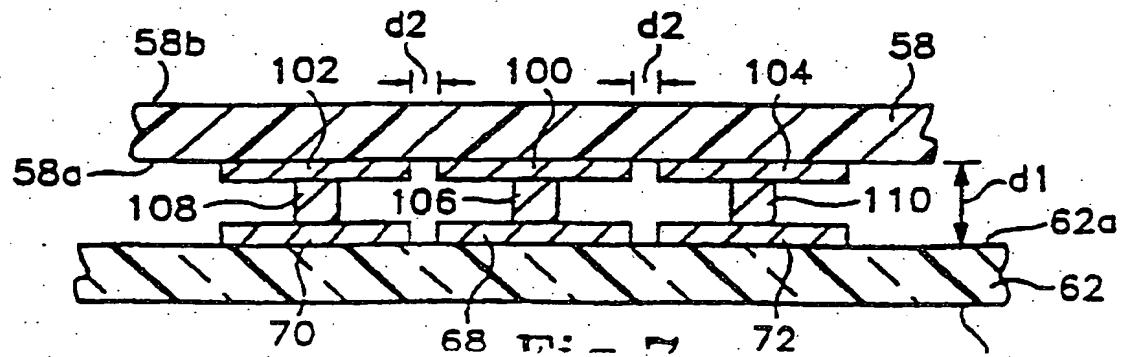


Fig. 6



3 / 3

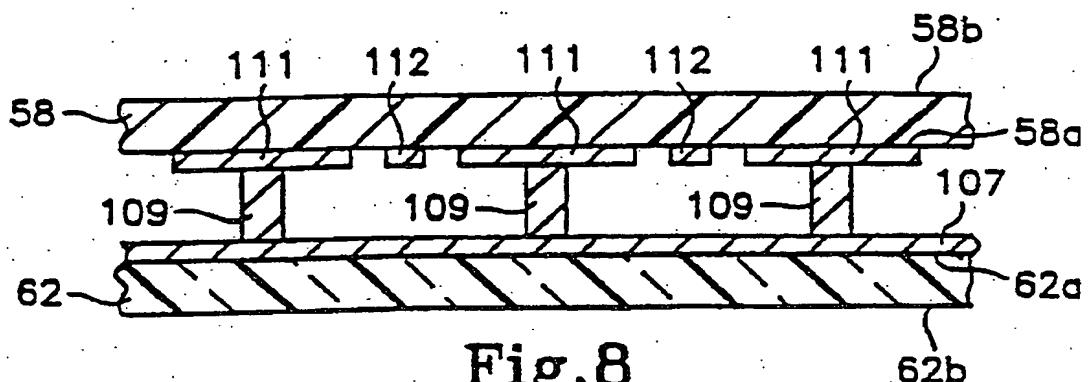


Fig. 8

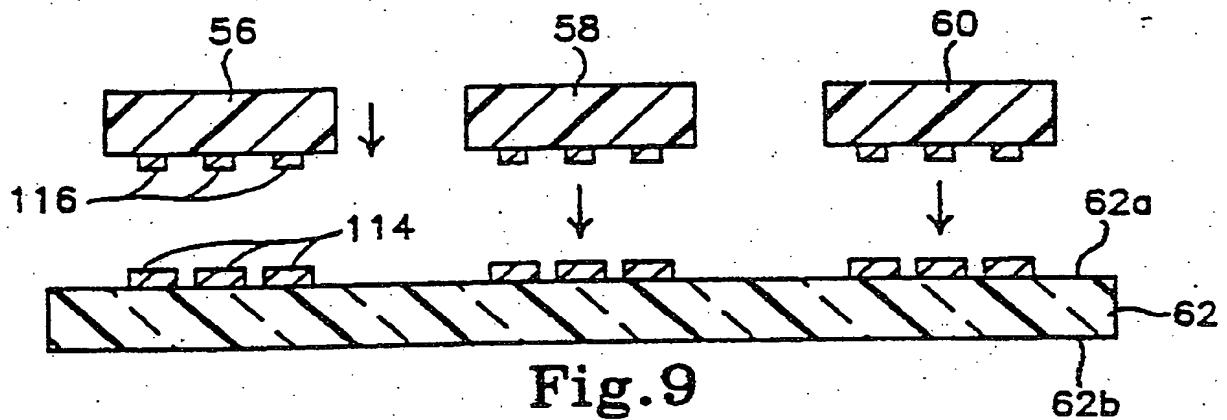


Fig. 9

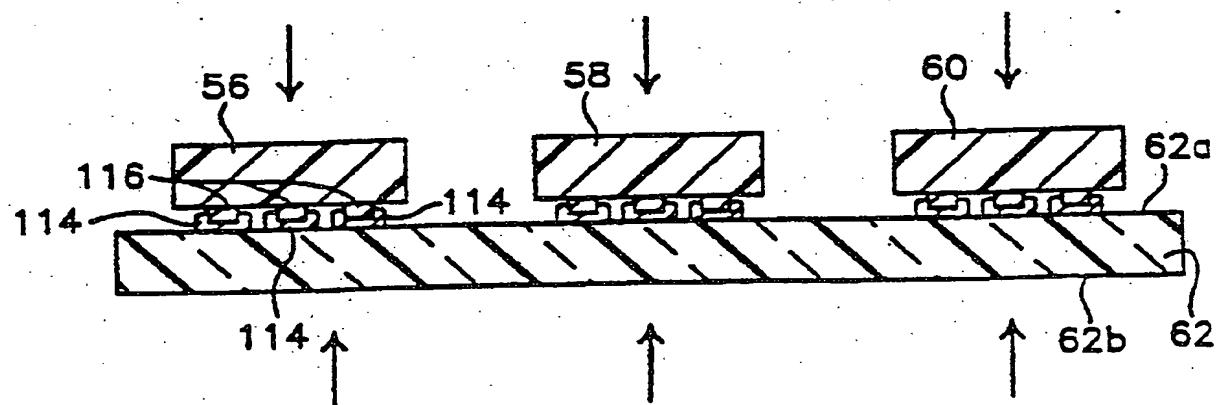


Fig. 10

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning
Operations and is not part of the Official Record**

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- BLACK BORDERS**
- IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES**
- FADED TEXT OR DRAWING**
- BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING**
- SKEWED/SLANTED IMAGES**
- COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS**
- GRAY SCALE DOCUMENTS**
- LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT**
- REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY**
- OTHER:** _____

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.